

ИССЛЕДОВАНИЕ УСТАЛОСТНОЙ ПРОЧНОСТИ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ БАЛОК НА ИЗВЕСТКОВОМ ПЕСКЕ

Д.В.Демиденко, студент группы КППС-232

Научный руководитель – к.т.н., доцент Г.А.Кушнарьова

Одесская государственная академия строительства и архитектуры

Исследовано влияние многократно повторяющихся нагрузок на усталостную прочность изгибаемых элементов, изготовленных на известковом песке. На падение усталостной прочности опытных железобетонных балок большое влияние оказывают особые условия сварки, растяжения и изгиб поперечных стержней, что приводит к усталостному разрыву поперечных стержней в месте пересечения их наклонной трещиной.

Многие детали машины и элементы конструкций подвергаются длительному действию повторно-переменных (или циклических) нагрузок, т.е. нагрузок, многократно периодически изменяющихся от максимального до минимального значения.

Сопротивление материалов таким нагрузкам существенно отличаться от сопротивления их статистическим нагрузкам, а именно тем, что разрушение может произойти при напряжениях, которые меньше не только предела прочности, но даже предела упругости.

Необходимость в методах расчёта выносливости наклонного сечения железобетонных балок, выполненных из местных материалов, в настоящее время ощущается все сильнее и сильнее. Это связано с широким развитием железобетонных конструкций, включающих различные виды бетонов и арматуры. Уточнение различных зависимостей с помощью поправок, учитывающих те или иные особенности конструкций является нецелесообразным и малоперспективным в силу большого числа факторов, влияющих на сопротивление изгибаемых элементов действию поперечной силы.

Это обстоятельство вызывает необходимость более углубленного теоретического и экспериментального изучения работы железобетонных конструкций в зоне действия поперечных сил, работающих под воздействием многократно повторяющихся нагрузок.

Для определения несущей способности железобетонных балок на гранитном щебне и известняковом песке по наклонным сечениям при действии многоцикловых нагрузок в работе [1], исследовалась серия

образцов, состоящая из четырнадцати балок с теми же конструктивными характеристиками образцов, которые были изготовлены и испытаны на нулевых уровнях из плана типа Бокса-Бенкина. Балки испытывались как однопролетные, свободно опертые, нагруженные двумя сосредоточенными силами, пролет среза равен $2,0 h_0$. Опытная многократно повторяющаяся нагрузка характеризовалась частотой, равной 5,59 Гц, коэффициентом асимметрии цикла внешней загрузки

$$\rho_0 = \frac{Q_{\min}}{Q_{\max}} = 0,33.$$

Для проверки правильности построения линии выносливости наклонного сечения железобетонных балок на гранитном щебне и известняковом песке необходимы экспериментальные данные, характеризующие количество циклов до разрушения каждой балки при определенных уровнях максимального статического усилия.

За предельное состояние принималось физическое разрушение балок. В процессе испытаний была определена статическая разрушающая нагрузка, на основании которой принимался уровень нагружения.

Для определения статической разрушающей нагрузки были испытаны четыре балки.

Максимальная нагрузка цикла многократно повторяющихся нагружений Q_{\max} назначалась $k \cdot Q_p$ [3], где Q_p - статический предел прочности балки. Численное значение "к" в процессе испытаний серии образцов уменьшилось и было равным (0,9; 0,8; 0,7; 0,6; 0,5; 0,4; 0,34; 0,3; 0,27) Q_{\max} . Перед началом испытаний циклической нагрузкой, при первом нагружении и после $1 \cdot 10^3$ циклов нагружения проводились статические испытания до уровня максимальной нагрузки цикла Q_{\max} с целью измерения деформаций бетона, продольной и поперечной арматуры, а также образованием и развитием нормальных и наклонных трещин в приопорной зоне.

На основании опытных данных построена линия выносливости наклонного сечения в интервале до $5 \cdot 10^3$ циклов нагружения. Дальнейшее испытание балок провести не удалось из-за ограниченной возможности испытательного оборудования.

Все экспериментальные балки, испытанные пульсирующей нагрузкой, разрушались от усталостного разрыва хомутов и последующего среза бетона над вершиной наклонной трещины.

Анализируя экспериментальную кривую, полученную на рис.1, авторы [1] констатировали, что при уровне нагружения $\gamma = \frac{Q_{\max}}{Q_p}$ от 1,0 до

0,4 линия выносливости резко снижается. С уменьшением уровня нагружения усталостная прочность железобетонных балок на гранитном щебне и известняковом песке по наклонным сечениям увеличивается.

При уровне нагружения - $\gamma \leq 0,4$, снижения несущей способности железобетонных балок по наклонным сечениям не наблюдалось. Количество циклов до разрушения относительно стабилизировалось.

На рис.1 показана расчетная линия выносливости наклонного сечения железобетонных балок в приопорной зоне при фиксированной максимальной нагрузке цикла $Q_{max} = 30$ кН. Опытные данные находятся значительно ниже расчетной кривой. Характеристики опытных балок и значения количества циклов до разрушения представлены в табл.1.

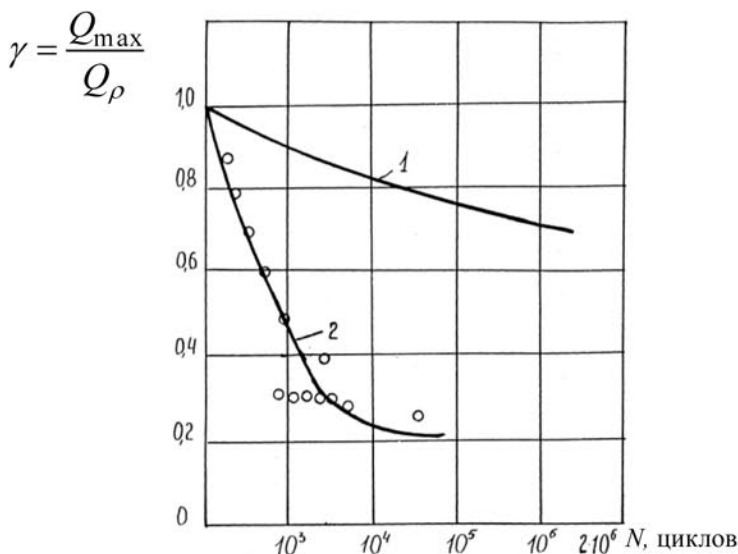


Рис.1. Сопоставление линий выносливости по ДБН В.2.6-98 и опытных данных для балок с пролетом среза $2,0 h_0$: 1 – по ДБН В.2.6-98 при $Q_{max} = 30$ кН; 2 – экспериментальная кривая

Очевидно, на снижение несущей способности железобетонных балок оказывает влияние прочность и модуль упругости бетона R_{fcd} на гранитном щебне и известняковом песке, которые ниже R_{fcd} и E_c у тяжелого бетона, так как разрушение, в основном, происходило по цементному гелю, а не по заполнителю - гранитному щебню. При анализе опытных данных выявлено, что начальный модуль упругости бетонов на гранитном щебне и известняковом песке ниже модуля упругости для тяжелого бетона на 21,38% (Данные взяты из работы [2]).

Таблица 1. Характеристики опытных балок и количество циклов до разрушения

Шифры балок	Количество циклов до разрушения, N	Уровень загрузки, $\gamma = \frac{Q_{\max}}{Q_p}$	$E_c \cdot 10^{-3}$, МПа	R_{fcd} , МПа	ρ_a
1	2	3	4	5	6
Б-2А-1В	97	1,00	19,97	17,37	0,33
Б-2Б-1В	105	1,00	19,97	17,37	0,33
Б-2А-2В	$3,02 \cdot 10^3$	0,40	19,97	17,37	0,33
Б-2Б-2В	$2,01 \cdot 10^3$	0,30	19,97	17,37	0,33
Б-2А-3В	$0,3 \cdot 10^3$	0,90	19,97	17,37	0,33
Б-2Б-2В	$1,005 \cdot 10^3$	0,30	19,97	17,37	0,33
В-2А-4В	87	1,00	19,97	17,37	0,33
Б-2Б-4В	0,4	0,80	19,97	17,37	0,33
Е-2А-5В	$0,6 \cdot 10^3$	0,70	19,97	17,37	0,33
Е-2Б-5В	$0,7 \cdot 10^3$	0,60	19,97	17,37	0,33
Е-2А-6В	$0,8 \cdot 10^3$	0,50	19,97	17,37	0,33
Е-2Б-6В	$5,3 \cdot 10^3$	0,27	19,97	17,37	0,41
Б-2А-30	$3,0 \cdot 10^3$	0,34	19,53	15,56	0,33
Б-2Б-30	$3,02 \cdot 10^3$	0,34	19,53	15,56	0,33

В результате снижения значений модуля упругости бетона трещиностойкость балок из бетона на гранитном щебне и известняковом песке ниже, чем в балках из тяжелого бетона на 10-18%.

Вывод. В диапазоне до 10^5 циклов происходит интенсивный рост прогибов и ширины раскрытия наклонных трещин. Происходит нарушение сцепления арматуры с бетоном, снижение сил зацепления. Нападение усталостной прочности опытных железобетонных балок большое влияние оказывают особые условия сварки, растяжения и изгиб поперечных стержней, что приводит к усталостному разрыву поперечных стержней в месте пересечения их наклонной трещиной.

1. Кушнарёва Г.А. Несущая способность и расчёт железобетонных балок на известняковом песке при действии многократно повторяющихся нагрузок. – Автореферат диссертации кандидата технических наук. Одесса 1991, -18с.

2. Бетонні та залізобетонні конструкції. Основні положення ДБН В.2.6-98:2009 год.- Офіційне видавництво. Київ: Міністерство регіонального розвитку та будівництва України, 2011.-71с.(нормативний документ Мінрегіонбуд України).

3. Мирсаяпов И.Г. Выносливость сборно-монолитных железобетонных балок по наклонному сечению. Автореф. дис. ... канд. техн. наук. М: 1986. 16 с.